

RATAHALLINTOKESKUS

RHK • Kehittämisyksikkö

Ratahallintokeskuksen
julkaisuja

A
3/1997

RAUTATEIDEN HENKILÖLIIKENTEEEN

ENNUSTEMALLI (RALVI)



Virpi Pastinen

Helsinki 1997

Ratahallintokeskuksen
julkaisu A 3/1997

RAUTATEIDEN HENKILÖLIIKENTEEEN

ENNUSTEMALLI (RALVI)

o Virpi Pastinen

RHK
RATAHALLINTOKESKUS
KAIVOKATU 6, PL 185
00101 HELSINKI

PUH. 09-5840 5111
FAX 09-5840 5100
SÄHKÖPOSTI: info@rhk.fi

ISBN 952-445-002-X
ISSN 1455-2604

Pastinen, Virpi: Rautateiden henkilöliikenteen ennustemalli (RALVI).

Ratahallintokeskus, kehittämisyksikkö. Helsinki 1997. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/1997. 20 s.

ISBN 952-445-002-X, ISSN 1455-2604

TIIVISTELMÄ

Rautateiden henkilöliikenne-ennusteita varten on laadittu tietokonemalli (RALVI), jolla voidaan arvioida matka-ajan, matkan hinnan ja joukkoliikenteen linjastotarjonnan sekä uusien yhteyksien vaikutuksia liikenteen kysyntään ja kulkumuotojen välisiin matkustajasiirtymiin. Lisäksi mallilla voidaan tuottaa lähtötietoja vaikutusarviolaskelmia varten.

Ennustejärjestelmä käsittää kaikki pääkulkumuodot ja se on laadittu perinteistä neliporrasmallia noudattaen. Malli laskee tarkastelualueiden matkatuotokset ja matkojen suuntautumisen, jakaa matkat kulkumuodoille ja sijoittelee matkat liikenneverkoille. Matkatuotos perustuu väestömäärään ja -rakenteeseen sekä bruttokansantuotteeseen. Suuntautumis- ja kulkutavan valintamallit ovat logittimalleja. Suuntautumismallin muuttujina ovat mm. kunnan asukasluku ja pinta-ala sekä henkilöauton käyttömahdollisuus. Kulkutavan valintamallit ovat erikseen kunnan sisäisille matkoille ja kuntien välisille matkoille. Kulkutavan valintamallien muuttujina ovat auton käyttömahdollisuus, kunnan asukasluku, matka-aika, matkakustannukset, vuorotiheys ja liityntämatka-aika. Matkojen sijoittelu liikenneverkoille samoin kuin koko ennustejärjestelmän toiminta tapahtuu Emme/2-liikennesuunnitteluohjelmistossa. Mallin aluejakona on Suomen kunta-aluejako.

RALVI-malli perustuu valtakunnalliseen henkilöliikennetutkimukseen, kuten valtakunnallinen henkilöliikennevirtamallikin (HELVI). Lisäksi RALVI-mallin kalibroinnissa on käytetty erillistutkimuksia joukkoliikennematkoista. RALVI-malli eroaa HELVI-mallista mm. matkaryhmien osalta, sillä RALVI-mallissa ei ole matkaryhmäjakoa. RALVI-mallin toiminta vaatii vain yhden käyttöliittymän, kun taas HELVI-malli vaatii useamman käyttöliittymän.

RALVI-malli, kuten muutkin valtakunnalliset liikennemallit, on luonteeltaan strateginen liikennemalli eikä sitä voida käyttää kaupunkiseutujen liikenteen ennustamiseen. Neliporrasmallin avulla ei myöskään voida ennustaa liikenteen ja maankäytön vuorovaikutusta eli liikennetoimenpiteiden vaikutusta maankäyttöön.

RALVI-mallilla saadut tulokset ovat oikean suuntaisia ja loogisia. Mallin kehittälyssä on voitu käyttää hyväksi HELVI-mallin käytöstä ja kehittelystä saatuja kokemuksia.

RALVI-mallia tullaan käyttämään apuvälineenä radanpidon kehittämisselvityksissä. Mallin käyttäjä on Ratahallintokeskuksen kehittämisyksikkö.

Pastinen, Virpi: Railway passenger travel demand model (RALVI).

Finnish Rail Administration, Strategy Unit. Helsinki 1997.

Publications of Finnish Rail Administration A 3/1997. 20 pages.

ISBN 952-445-002-X, ISSN 1455-2604

SUMMARY

The travel demand model for railway passenger travel forecasting has been created. The demand model will forecast the effects of changes in travel times, travel costs and transit lines on travel demand and modal split. In addition, the model will produce information for socio-economic evaluation of transport investments.

The model system includes all modes of transport and it has been created using the traditional four-stage forecasting approach. The model produces trip generation, distribution, modal split and assignment. Trip generation calculations are based on zonal information on population and population structure as well as gross national product. Trip distribution and modal split models are logit models. The variables of trip distribution models include a number of inhabitants in a municipality and an area of a municipality as well as a possibility of using a car. There are separated modal split models for trips inside a municipality and trips between the municipalities. The variables of modal split models are a possibility of using a car, a number of inhabitants in a municipality, travel times, travel costs and headway. Trip assignment as well as the entire forecasting process takes place in the Emme/2 forecasting software. The zoning system of the model is based on the municipal borders of Finland.

The RALVI-model is based on the Finnish National Travel Demand Survey 1992, like the Finnish National Passenger Travel Demand Model, HELVI. In addition, specific studies on public transport trips have been used in calibration of RALVI-models. The RALVI-model has only one trip purpose, unlike the HELVI-model. The RALVI-model works in a single software while the the HELVI-model requires several softwares.

The RALVI-model, like other national models, is a strategic model and it cannot be used in traffic forecasting in city areas. The four-stage approach cannot be used in the forecasting of the interaction between transport and land use.

The results of the RALVI-model are logical. The experience of the use and development of HELVI-model has been used in the development of the RALVI-model.

The RALVI-model will be used as a tool in strategy studies in rail management. The model is situated in the Strategy Unit of Finnish Rail Administration.

ESIPUHE

Ratahallintokeskus käynnisti keväällä 1997 selvitystyön, jonka tavoitteena oli tuottaa henkilöliikenteen ennustemalli radanpidon kehittämisselvityksiä varten. Selvitystyön tuloksena on luotu tietokonemalli, jolla voidaan arvioida matka-ajan, matkan hinnan ja joukkoliikenteen linjastotarjonnan sekä uusien yhteyksien vaikutuksia liikenteen kysyntään ja kulkumuotojen välisiin matkustajasiirtymiin. Ennustejärjestelmä tuottaa myös vaikutusarvioinnissa tarvittavia lähtötietoja.

Tässä raportissa on esitetty mallin pääperiaatteet.

Työtä on valvonut ohjausryhmä, johon kuuluivat Harri Lahelma ja Tuomo Suvanto ratahallintokeskuksesta, Riitta Viren tielaitoksesta, Raimo Mäki-Paakkanen ilmailulaitoksesta, Johanna Haavisto liikenneministeriöstä ja Tapio Myllymäki VR Osakeyhtiöstä.

Työ on tehty konsulttitoimeksiantona Viatek Oy:ssä, jossa työhön ovat osallistuneet diplomi-insinööri Virpi Pastinen, diplomi-insinööri Petri Blomqvist ja tekn.yo Petteri Katajisto.

Helsingissä, marraskuussa 1997

Ratahallintokeskus
Kehittämisyksikkö

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

SUMMARY

ESIPUHE	5
SISÄLLYSLUETTELO	6
1. ENNUSTEMALLIN PERIAATTEET	7
2. ENNUSTEMALLIN LÄHTÖKOHDAT	8
2.1 Käytetyt menetelmät	8
2.1.1 Henkilöliikennetutkimus ja joukkoliikenteen erillistutkimukset	8
2.1.2 Neliporrasmalli	9
2.1.3 Emme/2-ohjelmisto	10
2.2 Liikennejärjestelmätiedot	10
2.3 Väestö- ja maankäyttötiedot	11
2.4 Mallin käyttöalueet	12
3. LIIKENNEVIRTAMALLIT	13
3.1 Periaatteet	13
3.2 Matkatuotos	13
3.3 Suuntautuminen	14
3.4 Kulutavan valinta	15
3.5 Liikennevirtojen sijoittelu liikenneverkolle	16
4. LIIKENNEVIRTAMALLIEN KALIBROINTI	17
5. VAIKUTUSARVIOINTIANALYYSIT	18
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	19
LÄHDELUETTELO	20

1. ENNUSTEMALLIN PERIAATTEET

Työn tavoitteena on laatia rautateiden henkilöliikenteen ennustemalli, jolla voidaan arvioida matka-ajan, matkan hinnan ja junatarjonnan sekä liikenneverkollisten muutosten vaikutuksia liikenteen kysyntään ja kulkumuotojen välisiin matkustajasiirtymiin. Lisäksi malli laskee liikennehankkeiden yhteiskuntataloudellisessa vaikutusarvioinnissa tarvittavia tunnuslukuja. Ennustejärjestelmän osat on esitetty kuvassa 1.

<u>Liikennevirtamalli</u>	<u>Vaikutusanalyysit</u>
♦ matkatuotos	♦ matkustajamäärät ja suoritteet
♦ liikennevirtojen suuntautuminen	♦ kulkutapasiirtymät
♦ kulkutavan valinta	♦ matkustajan hyödyt
♦ liikennevirtojen sijoittelu liikenneverkolle	♦ lipputulomuutokset
	♦ liikennöintikustannusten muutokset
	♦ päästökustannukset
	♦ onnettomuuskustannukset

Kuva 1. Ennustejärjestelmän osat.

Rautateiden henkilöliikenteen ennustemalli eli RALVI-malli sisältää kaikki pääkulkumuodot kuntien välisillä matkoilla. RALVI-malli on tarkoitettu valtakunnallisiin, kaukoliikennettä koskeviin tarkasteluihin. Järjestelmä laaditaan erityisesti raideliikenteen tarpeita silmälläpitäen, mutta mallilla pystytään testaamaan myös muissa liikennemuodoissa tapahtuvien muutoksien vaikutuksia.

2. ENNUSTEMALLIN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Käytetyt menetelmät

2.1.1 Henkilöliikennetutkimus ja joukkoliikenteen erillistutkimukset

Liikenteen ennustemallit ovat matemaattisia malleja, jotka kuvaavat havaittuja riippuvaisuuksia liikennekysynnän ja erilaisten muuttujien välillä. Liikennemallit pohjautuvat erilaisiin liikennetutkimuksiin, joissa selvitetään yksilöiden matkustuskäyttäytymistä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. RALVI-malli on laadittu vuoden 1992 henkilöliikennetutkimuksen sekä eräiden joukkoliikenteen erillistutkimusten pohjalta (kuva 2).

- ◆ Henkilöliikennetutkimus 1992
- ◆ Joukkoliikenteen erillistutkimuksia
 - junaliikenne
 - lentoliikenne

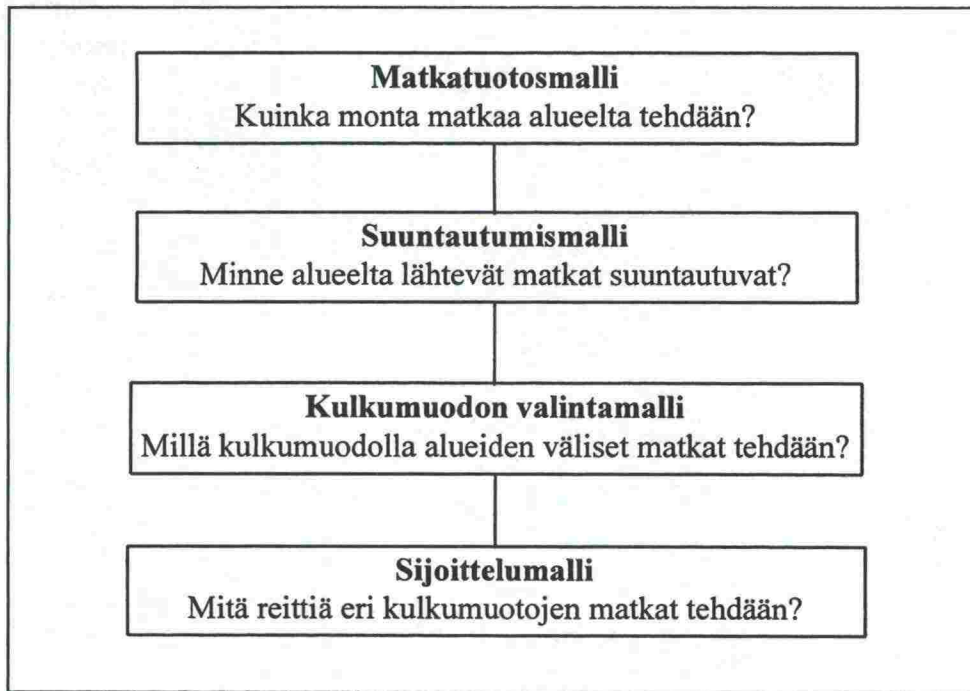
Kuva 2. RALVI-mallin havaintoaineistot.

Vuoden 1992 henkilöliikennetutkimuksessa selvitettiin päivittäisten matkojen lisäksi viikon aikana tehtyjä pitkiä matkoja. Tutkimus kattoi kaikki kulkutavat. Tutkimus tehtiin postikyselynä vuoden 1992 helmikuun ja joulukuun välisenä aikana. Tutkimusjakso oli yksi viikko joka toinen kuukausi ja jokaisen jakson sisällä kyselyt jakautuivat tasan eri viikonpäiville. Vastaamatta jättäneille tehtiin uusintakysely noin neljän viikon kuluttua. Tiedot saatiin 21 150 päivittäisestä matkasta ja 8 850 yli 50 km:n matkasta. Vastausaineisto laajennettiin koskemaan koko 18 - 70-vuotiaasta väestöä. Laajennus tehtiin asuinalueen, iän ja sukupuolen mukaan. Ikäryhmäjakona käytettiin 18 - 34-vuotiaat, 35 - 54-vuotiaat, 55 - 64-vuotiaat ja 65-70-vuotiaat. (Tielaitos 1993)

Henkilöliikennetutkimusta on aiemmin käytetty valtakunnallisen liikennevirtamallin (HELVI) laadinnan yhteydessä. Henkilöliikennetutkimuksen on havaittu antavan kohdullisen pohjan valtakunnallisten liikennemallien laadinnalle. Ongelmaksi HELVI-mallin laadinnan yhteydessä on havaittu pitkien matkojen huono edustavuus havaintoaineistossa. RALVI-mallin yhteydessä on pyritty ratkaisemaan käyttämällä tarkempia erillistutkimuksiin perustuvia tietoja rautatieliikenteen ja osin lentoliikenteen havaituista liikennevirroista.

2.1.2 Neliporrasmalli

Eräs käytetyimmistä liikenne-ennustemenetelmistä on ns. neliporrasmalli, johon myös RALVI-malli perustuu. Neliporrasmallissa verkolliset liikenne-ennusteet tehdään neljässä vaiheessa, jotka ovat matkatuotos, matkojen suuntautuminen, kulkutavan valinta ja liikennevirtojen sijoittelu liikenneverkolle (kuva 3).



Kuva 3. Neliporrasmallin vaiheet.

Matkatuotosmalli laskee, kuinka paljon kullakin tarkastelualueella (tässä mallissa kunnat) tehdään matkoja. Suuntautumismalli laskee, kuinka nämä matkat suuntautuvat eri alueille. Kulkutavan valintamalli laskee, kuinka suuntautumismallin laskemat liikennevirrat sijoittuvat eri kulkumuodoille (henkilöauto, linja-auto, juna, lentokone). Sijoittelumalli laskee, mitä reittiä edellä saadut matkat käyttävät.

RALVI-ennustejärjestelmän liikennevirtamallien yksityiskohtaisempi rakenne on esitetty luvussa 3.

Neliporrasmallien ohella liikenne-ennusteissa käytetään usein ns. joustomalleja. Joustokertoimet kertovat esimerkiksi junatarjonnan, matka-ajan tai matkan hinnan jouston matkojen kysyntään. Esimerkiksi junatarjonnan joustokerroin 0,8 tarkoittaa, että 10 prosentin lisäys junatarjonnassa merkitsee kahdeksan prosentin matkustusmäärän kasvua. Joustokertoimet eivät ota huomioon toimenpiteiden laajempia liikenneverkollisia vaikutuksia, minkä vuoksi niitä käytetään yleensä vain pienten hankkeiden kysyntävaikutuksia ennustettaessa. Joustokertoimia on aiemmin käytetty yleisesti rautatieliikenteen ennustetarkasteluissa.

2.1.3 Emme/2-ohjelmisto

Liikennemallit ja ennusteet laaditaan nykyään lähes poikkeuksetta tietokoneilla. Käytössä on useita eri tarkoituksiin laadittuja kaupallisia tietokoneohjelmistoja.

Eräs laajimmin levinneistä liikenne-ennusteohjelmistoista on Emme/2, joka on Suomesakin yleisesti käytössä liikennesektorin viranomaisilla, tutkijoilla ja konsulteilla. Ohjelmisto toimii erilaisissa laiteympäristöissä, se on hyvin dokumentoitu ja toimintatavoiltaan käyttäjälleen avoin.

Emme/2-ohjelmiston pääkomponentit ovat eri kulkumuotojen liikenneverkot, joukkoliikenteen linjastot, liikennevirtamatriisit ja niiden käsittelyrutiinit (kuva 4).

- ◆ Eri kulkumuotojen liikenneverkot
- ◆ Joukkoliikennelinjastot
- ◆ Eri kulkumuotojen liikennevirtamatriisit

Kuva 4. *Emme/2 -ohjelmiston pääkomponentit.*

2.2 Liikennejärjestelmätiedot

Liikennejärjestelmätiedot eli eri kulkumuotojen liikenneverkot ja joukkoliikenteen linjastot on kuvattu Emme/2-järjestelmään. Liikenneverkkojen osalta kuvataan mm. väylien pituudet ja joukkoliikennelinjastojen osalta mm. vuorovälit. Liikennemallit käyttävät lähtötietoinaan mm. edellä mainittuja tietoja lasiessaan ennustetilanteen liikennevirtamatriisit eli alueparien väliset matkamäärät.

Rautatieliikenteen osalta malli sisältää Suomen rataverkon ja kaukoliikenteen linjaston kuvaukset. Lähiliikenteen kuvaus on hyvin karkea, koska malli ei ennusta lähiliikennemattoja.

Linja-autoliikenteestä on kuvattuna pikavuorolinjat sekä tärkeimmät raideliikenteen liityntäyhteydet siten, että jokaiselta paikkakunnalta on yhteys juna-asemalle. Linja-autoliikenteen kuvaus on teknisistä syistä pelkistetty todellisesta linjastosta, sillä Emme/2-ohjelmiston kapasiteetti ei riitä kaikkien Suomen linjastojen kuvaamiseen.

Tieliikenteen osalta järjestelmä pitää sisällään yleisten teiden verkon.

RALVI-malli käyttää liikennejärjestelmän muuttujina kuntien välisiä matka-aikoja eri kulkumuodoilla, matkakustannuksia eri kulkumuodoilla sekä joukkoliikenteen vuorotihyksiä (kuva 5).

- ◆ Matka-ajat
 - henkilöautoliikenne
 - junaliikenne
 - linja-autoliikenne
 - lentoliikenne
- ◆ Matkakustannukset
 - henkilöautoliikenne
 - junaliikenne
 - linja-autoliikenne
 - lentoliikenne
- ◆ Joukkoliikenteen vuorotiheyksiä

Kuva 5. Ennustemallin liikennemuuttujat.

2.3 Väestö- ja maankäyttötiedot

RALVI-malli tarvitsee lähtötiedoikseen taulukossa 1 mainitut kuntakohtaiset väestö- ja maankäyttötiedot.

Taulukko 1. RALVI-mallin tarvitsemat väestö- ja maankäyttötiedot

Lähtötieto	Selite
Kunnan asukasluku (yli 18 vuotiaat)	Kunnittainen väestömääräennuste saadaan mm. Tilastokeskuksen väestöennusteesta. Väestöennusteesta tarvitaan yli 18 vuotiaiden lukumäärä kunnittain.
Kuntalaisten autonkäyttö-mahdollisuus	Malli käyttää lähtötietonaan ryhmittelyä, jossa kunnan väestö jaetaan henkilöauton käyttömahdollisuuden mukaan kolmeen ryhmään: <ul style="list-style-type: none"> • henkilöt, joilla on auto aina käytössään • henkilöt, joilla on auto joskus käytössään • henkilöt, joilla ei ole autoa koskaan käytössään. RALVI-mallissa on vuotta 1992 vastaava tilanne henkilöauton käytöstä. Tilannetta päivitetään tarvittaessa ajantasalla olevalla tiedolla auton käyttömahdollisuuden kehityksestä. Auton käyttömahdollisuus vaikuttaa mm. kokonaismatkatuotokseen ja kulkutapajakau-miin.
Kunnan pinta-ala	Kuntien pinta-alatietoja tarvitaan suuntautumismallissa.
Tieto siitä, onko kunta maa-kuntakeskus tai talousalue-keskus.	Matkat suuntautuvat tavallista voimakkaammin maakuntakeskuksiin ja talousaluekeskuksiin. Siksi RALVI-malli käyttää tätä tietoa hy-väkseen laskiessaan matkojen suuntautumisen.

2.4 Mallin käyttöalueet

RALVI-malli soveltuu erilaisten rautatieliikennettä koskevien tarkastelujen tueksi. Mallilla voidaan arvioida matka-ajan, vuorotiheyden ja hinnoittelun vaikutusta matkustukseen ja kulkumuotosiirtymiin. Malli ottaa huomioon myös väestömäärän muutosten ja hyvinvoinnin muutoksen vaikutuksen eri liikennemuotojen kehitykseen. Mallin tyyppillisiä käyttökohteita on esitetty kuvassa 6.

Mitä vaikutuksia liikenteen määrään ja kulkumuotojen välisiin matkustajasiirtymiin on:

- ◆ rataosan tai -osien nopeuttamisella?
- ◆ lipunhintojen korottamisella?
- ◆ uudella rataosalla?
- ◆ vuoromäärien lisäämisellä?
- ◆ muiden kulkumuotojen muutoksilla (matka-aika, matkan kustannus, yhteysmuutokset)?

Kuva 6. Mallin tyyppillisiä käyttökohteita.

RALVI-malli ei erottele matkaryhmiä toisistaan. Siten mallia ei voida käyttää arvioitaessa erilaisten toimenpiteiden – esimerkiksi hinnoittelun – vaikutuksia eri väestö- ja matkaryhmiin.

RALVI-malli ei ota huomioon liikenteen ja maankäytön vuorovaikutusta. Mallilla ei siten voida arvioida, miten liikenteeseen kohdistetut toimenpiteet vaikuttavat maankäyttöön eli esimerkiksi asukkaiden ja työpaikkojen sijoittumiseen.

RALVI-malli on laadittu mahdollisimman helppokäyttöiseksi. Samalla mallin käyttöalueiden monipuolisuudesta on pyritty tinkimään mahdollisimman vähän.

RALVI-malli perustuu samaan tutkimusaineistoon kuin valtakunnallinen henkilöliikennevirtamalli HELVI. Malli eroaa HELVI-mallista mm. siinä, että RALVI-malli ei erottele matkoja eri matkaryhmiin. Myös RALVI-mallien rakenteet ovat yksinkertaisempia, minkä johdosta laskenta-ajat ovat HELVI-mallia huomattavasti lyhyempiä. RALVI-malli toimii kokonaisuudessaan Emme/2 -ohjelmistossa, kun taas HELVI-malli tarvitsee useampia käyttöliittymiä. (Liikenneministeriö 1996)

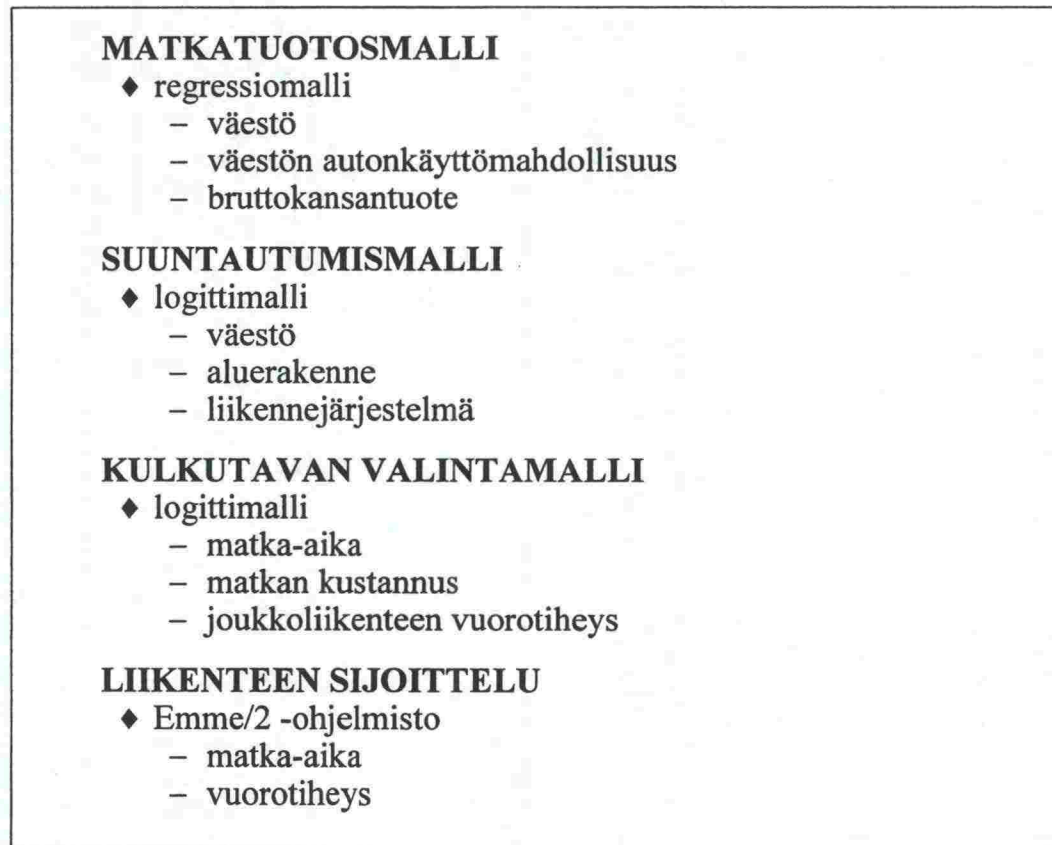
RALVI-mallia tullaan käyttämään radanpidon kehittämisselvityksissä. Mallin käyttäjä on Ratahallintokeskuksen kehittämisyksikkö.

3. LIIKENNEVIRTAMALLIT

3.1 Periaatteet

RALVI-malli perustuu ns. neliporrasmalliin, jonka yleiset ominaisuudet on kuvattu kappaleessa 2.1.2.

RALVI-mallin rakenne ja muuttujat on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. RALVI-mallin rakenne ja muuttujat.

3.2 Matkatuotos

Matkatuotosmalli laskee, kuinka paljon kullakin tarkastelualueella (tässä mallissa kunnat) tehdään matkoja. Kokonaismatkatuotos perustuu väestömäärään ja -rakenteeseen. Lisäksi matkojen kokonaismäärään vaikuttaa hyvinvoinnin aste. Hyvinvointia mitataan muutoksilla bruttokansantuotteessa asukasta kohden.

Matkatuotosmallin lähtömuuttujia ovat:

- Suomen kuntien asukasluvut

- väestön määrä Suomen kunnissa ryhmiteltyinä kolmeen ryhmään henkilöauton käyttömahdollisuuden mukaan (henkilöauto käytettävissä aina, joskus tai ei koskaan)
- matkatuotokset Suomen kuntien väestölle ryhmiteltynä kolmeen ryhmään henkilöauton käyttömahdollisuuden mukaan.

Matkatuotosmallissa odotetaan seuraavien tekijöiden pysyvän vakioina kunkin kunnan sisällä:

$$\begin{aligned}
 k(1) &= \text{'Henkilöauto aina käytössä'-ryhmän tekemät matkat /} \\
 &\quad \text{'henkilöauto aina käytössä' ryhmän koko.} \\
 k(2) &= \text{'Henkilöauto joskus käytössä'-ryhmän tekemät matkat /} \\
 &\quad \text{'henkilöauto joskus käytössä' ryhmän koko.} \\
 k(3) &= \text{'Henkilöauto ei koskaan käytössä'-ryhmän tekemät matkat /} \\
 &\quad \text{'henkilöauto ei koskaan käytössä' ryhmän koko.}
 \end{aligned}$$

Matkatuotos kullekin kunnalle i ja väestöryhmälle j saadaan kaavasta:

$$tuotos(i,j) = k(j) * kunnan\ i\ asukasluku * väestöryhmän\ j\ suhteellinen\ osuus\ kunnassa\ i$$

Edellä kuvattu matkatuotosmalli ottaa siis huomioon asukasluvun ja henkilöauton käyttömahdollisuudessa tapahtuvien muutosten vaikutuksen. Kunkin kulkumuodon kokonaismatkamäärään on menneinä vuosina lisäksi vaikuttanut bruttokansantuotteen kehitys. Bruttokansantuotteen korrelaatio liikennesuoritteeseen ja matkamääriin on vaihdellut liikennemuodosta riippuen. Lentomatkat ja henkilöautolla tehdyt matkat ovat kasvaneet nousukauden aikana muita liikennemuotoja selvemmin. Linja-autoliikenteen suorite on laskenut bruttokansantuotteesta riippumatta aivan viime vuosia lukuunottamatta. Raideliikenteen matkustajamäärät ovat taas pysyneet kohtuullisen vakaina taloudellisista nousukausista ja laskuista riippumatta.

RALVI-mallissa selittävänä muuttujana käytetään bruttokansantuotetta. Tällä muuttujalla pyritään kuvaamaan yleisen hyvinvoinnin vaikutusta liikkumiseen. Malli ottaa huomioon liikennemuotojen väliset erot bruttokansantuotteen ja matkustajamäärien välisessä korrelaatiossa. Malli käyttää lähtötietona muuttujaa bruttokansantuote/asukas, jolloin asukasmäärän muutoksen ja bruttokansantuotteen kehityksen vaikutusta ei oteta kahteen kertaan huomioon.

3.3 Suuntautuminen

Suuntautumismalli laskee, kuinka kussakin kunnassa tehtävät matkat suuntautuvat eri alueille.

Suuntautumismalli on kaksitasoinen. Ensimmäisellä tasolla lasketaan todennäköisyydet sille, suuntautuuko matka kunnan sisälle vai onko määräpaikkakunta lähtökunnan ulko-

puolella. Jos matka suuntautuu kunnan ulkopuolelle, lasketaan toisella tasolla määräpaikan valintatodennäköisyydet kuntien välisille matkoille.

Ensimmäisen tason mallissa ovat muuttujina lähtökunnan pinta-ala, henkilöauton käyttömahdollisuus sekä tieto siitä, onko kunta talousalue- tai maakuntakeskus. On todennäköisempää, että matka suuntautuu kunnan sisälle, jos lähtöpaikkana on talous- ja maakuntakeskus ja jos kunnan pinta-ala on suuri. Henkilöauton käyttömahdollisuus lisää todennäköisyyttä matkustaa lähtöpaikkakunnan ulkopuolelle.

Toisen tason mallissa ovat muuttujina tavoitettavuus lähtökunnasta muihin kuntiin, maakuntakeskus ja määräkunnan asukasluku. On todennäköisempää valita määräpaikkakunnaksi kunta, joka on maakuntakeskus ja jonka asukasluku on suuri. Mitä paremmat liikenne yhteydet eri kulkutavoilla kuntaparin välillä on, sitä suurempi todennäköisyys on sille, että matka suuntautuu ko. kuntaan.

Suuntautumismalli on logittimalli, jossa vaihtoehdon houkuttelevuutta kuvataan hyötyfunktion avulla.

3.4 Kulutavan valinta

Kulutavan valintamalli laskee, kuinka suuntautumismallin laskemat liikennevirrat sijoittuvat eri kulkumuodoille (henkilöauto, linja-auto, juna, lentokone).

Kulutavan valintamalli on kolmiosainen. Kunnan sisäisille matkoille ja kuntien välisille matkoille on omat mallinsa. Kuntien välisille matkoille on lisäksi eri malli riippuen siitä, onko matkan pituus yli vai alle 50 km.

Kuntien sisäisten matkojen mallissa ovat muuttujina auton käyttömahdollisuus ja kunnan asukasluku. Todennäköisyys valita kulkutavaksi henkilöauto kasvaa, jos henkilöauto on käytössä aina. Linja-auto ja juna ovat todennäköisempiä kulkumuotoja kunnissa, joissa asukasluku on suuri ja siitä johtuen joukkoliikenne yhteydet paremmat. Lentokone ei ole käypä kulkutapa kuntien sisäisillä matkoilla. Sisäisten matkojen malli on luonteeltaan karkea, sillä RALVI-ennustejärjestelmä on tarkoitettu kuntien välisen liikenteen ennustamiseen.

Kuntien välisillä matkoilla muuttujina ovat matka-aika, matkakustannukset, vuorotiheys, liityntämatka-aika ja auton käyttömahdollisuus. Lentokone ei ole käypä kulkutapa alle 150 km pituisilla matkoilla. Mallien parametrit on estimoitu erikseen alle ja yli 50 km pitkille matkoille. Todennäköisyys valita tietty kulkutapa pienenee matka-ajan, matkakustannusten ja liityntämatka-ajan kasvaessa. Henkilöauton käyttömahdollisuus lisää todennäköisyyttä valita kulkutavaksi henkilöauto. Vuorotiheyden kasvaessa ko. kulkutavalla tehtävien matkojen määrä lisääntyy.

Myös kulkutavan valintamallit ovat logittimalleja, joissa vaihtoehtojen houkuttelevuutta kuvataan hyötyfunktioiden avulla.

3.5 Liikennevirtojen sijoittelu liikenneverkolle

Matkatuotos-, suuntautumis- ja kulkutavan valintamallien avulla saadaan laskettua arvio Suomen kuntien välisestä liikenteestä eri kulkutavoilla. Emme/2-ohjelmisto sijoittelee eri kulkumuotojen liikennevirrat liikenneverkoille. Lisäksi ohjelmiston avulla voidaan laskea monipuolisia liikenteellisiä tunnuslukuja.

4. LIIKENNEVIRTAMALLIEN KALIBROINTI

Liikennemallin kalibroinnilla tarkoitetaan mallin tulosten sovittamista havaittuihin ai-neistoihin. RALVI-ennustejärjestelmän liikennevirtamallien kalibrointi toteutettiin kolmivaiheisena (kuva 8).

- Pituusjakauma
- Kulkumuoto-osuudet
- Joukkoliikenteen erillisselvitykset

Kuva 8. RALVI-mallien kalibrointi.

Ensimmäisessä vaiheessa kalibroitiin suuntautumismalli. Tällä kalibroinnilla varmis-tettiin, että kaikkien matkojen yhteinen pituusjakauma vastaa kuntien välisten matkojen pituusjakamaa. Kalibroinnin toisessa vaiheessa sovitettiin kulkutapaosuudet havaittuihin kulkutapaosuuksiin. Kalibroinnin kolmas vaihe koski ainoastaan raide- ja lentoliikennettä. Tässä kalibroinnissa sovitettiin matkustajamäärät kaukoliikenteen lipun-myyntitilastoihin. Lentoliikenteen matkat sovitettiin lentoliikenteen tilastoihin.

Suuntautumismalli kalibroitiin siten, että mallin ennuste saatiin seuraamaan vuoden 1992 Henkilöliikennetutkimuksen tuloksia mahdollisimman tarkasti. Henkilöliikenne-tutkimuksen mukaan kuntien välisten matkojen keskipituus tieverkkoa pitkin on 21 km. Kalibroitu malli antaa kuntien välisille matkoille keskipituudeksi 22 km. HELVI-malleilla saatu kuntien välisten matkojen keskipituus on 24 km.

Kulkutavan valintamallin kalibroinnissa sovitettiin kulkutapajakauma noudattamaan henkilöliikennetutkimuksen antamia kulkutapaosuuksia. Myös tässä kalibroinnissa päästiin tarkempiin tuloksiin kuin HELVI-mallissa.

Lopuksi rautatieliikenteen ja lentoliikenteen matkat kerrotaan vielä erikseen lasketuilla kalibrintimatriiseilla. Näin saadaan nykytilanne myös yksittäisten kuntaryhmien välillä muistuttamaan olemassaolevia lipunmyyntitilastoja paremmin.

5. VAIKUTUSARVIOINTIANALYYSIT

Liikenteen kysyntäennusteita tarvitaan usein erilaisten vaikutustarkastelujen pohjaksi. Sen vuoksi RALVI-mallin yhteyteen on luotu yksinkertaiset laskentamallit vaikutusarvointilaskelmien lähtöarvojen tuottamiseksi. Tällaisia lähtöarvoja ovat tietyn toimenpiteen aiheuttamat muutokset kuluttajan ja tuottajan hyödyissä sekä ulkoisissa vaikutuksissa.

Investointien kannattavuuslaskelmia varten joudutaan tekemään liikenteen kysyntäennuste sekä investointivaihtoehdolle että ns. nollavaihtoehdolle. RALVI-ennustejärjestelmällä voidaan tuottaa molemmille vaihtoehdoille vaikutusarvioinnin lähtötietoja eli:

- matkustajien hyödyn muutokset
- joukkoliikenteen lipputulot
- liikennöintikustannusmuutokset
- onnettomuuskustannusmuutokset
- päästökustannusmuutokset

Matkustajien hyödyn muutos eli ns. kuluttajan ylijäämä sisältää muutokset matkustajien matkakustannuksissa ja aikakustannuksissa. Hyödynmuutos voidaan laskea käyttäen joko liikennemallista johdettua ajan arvoa tai muuten sovittua ajan arvoa.

Joukkoliikenteen lipputulot lasketaan kulkumuotokohtaisesti.

Arviot liikennöintikustannusten, onnettomuuskustannusten ja päästökustannusten muutoksista perustuvat liikennesuoritteissa tapahtuviin muutoksiin.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

RALVI-malli on ns. neliporrasmalliin perustuva liikenne-ennustejärjestelmä, joka sisältää kaikki pääkulkumuodot (auto-, linja-auto-, lento- ja rautatieliikenne). Mallilla voidaan arvioida matkakustannusten, matkanhinnan, matka-ajan ja verkollisten muutosten vaikutuksia liikenteen kysyntään ja kulkumuotojen välisiin matkustajasiirtymiin. Lisäksi ennustejärjestelmä tuottaa yhteiskuntataloudelliseen vaikutusarviointiin tarvittavia tunnuslukuja. Ennustejärjestelmä on tarkoitettu kuntien välisen liikenteen ennustamiseen.

RALVI-malli perustuu valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen antamiin tuloksiin suomalaisten liikennekäyttäytymisestä. Lisäksi käytössä on ollut erillisselvityksiä joukkoliikenteen matkoista.

RALVI-malli muistuttaa monilta osin valtakunnallista liikennevirtamallia (HELVI). Suurin ero liittyy matkaryhmiin, sillä RALVI-malli ei erottele matkoja eri ryhmiin HELVI-mallin tavoin. Tämän seurauksena RALVI-mallin laskenta-ajat ovat HELVI-malleja huomattavasti lyhyempiä.

RALVI-mallin etuna on se, että malli toimii yhden käyttöliittymän yhteydessä (Emme/2-liikennesuunnitteluohjelmisto). Emme/2 on eräs käytetyimmistä liikenne-ennusteohjelmistoista, joka on Suomessakin laajasti käytössä liikennesektorin viranomaisilla, tutkijoilla ja konsulteilla.

RALVI-mallia voidaan päivittää, kun tapahtuu muutoksia esimerkiksi liikennejärjestelmän ominaisuuksissa (liikenneverkot, linjastot) ja väestöennusteissa. Samoin voidaan ottaa huomioon liikenne-ennusteisiin liittyviä suosituksia, joita on tarkoitus antaa Liikenneministeriön liikenne-ennusteita käsittelevässä tutkimusohjelmassa (Liikenneministeriö 1997b).

Mallityön aikana RALVI-mallia on testattu erilaisilla testeillä, jotka ovat kohdistuneet liikenteen hinnoittelun, junatarjonnan ja matka-aikojen muutoksiin. Laadittujen testien perusteella RALVI-mallin tulokset ovat loogisia ja oikeansuuntaisia. Lisäkokemuksia mallin toiminnasta saadaan käytön aikana.

RALVI-mallin tuloksia on verrattu myös valtakunnallisen liikennevirtamallin (HELVI) tuloksiin (Liikenneministeriö 1997a). Molemmat mallit perustuvat valtakunnalliseen henkilöliikennetutkimukseen, jolloin mallin tuloksetkin ovat luonnollisesti samansuuntaisia. RALVI-mallin havaittiin kuitenkin antavan tarkempia tuloksia kulkumuoto-osuuksista. RALVI-malli antaa myös tarkempia arvioita joukkoliikennematkoista, mikä johtuu osin siitä, että käytössä on ollut joukkoliikenteen osalta monipuolisempi kaibrointiaineisto.

LÄHDELUETTELO

Liikenneministeriö. 1996. Valtakunnalliset liikennevirtamallit, HELVI-mallit. Liikenneministeriön julkaisuja 19/96. Helsinki. 147 s.

Liikenneministeriö. 1997a. Kokemuksia HELVI-mallien käytöstä. Liikenneministeriön mietintöjä ja muistioita B:12/97. Helsinki. 34 s.

Liikenneministeriö. 1997b. Liikenne-ennusteita koskeva tutkimusohjelma vuosille 1997-2000. Helsinki. 11 s. + liitteet.

Tielaitos. 1993. Henkilöliikennetutkimus 1993. Tielaitoksen selvityksiä 58/1993. Helsinki. 108 sivua.

- 1/1997 Railway Industry Structures and Capital Investment Financing
2/1997 Nopean liikenteen aluekehitysvaikutukset

RATAHALLINTOKESKUS
KAIVOKATU 6, PL 185
00101 HELSINKI

KEHITTÄMISYKSIKKÖ

Lisätietoja: Harri Lahelma, puh. 09-5840 5127, sähköposti: harri.lahelma@rhk.fi
Jakelu: Arja Aalto, puh. 09-5840 5121, sähköposti: arja.aalto@rhk.fi

ISBN 952-445-002-X
ISSN 1455-2604